

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-145538

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/10

(21)Application number : 09-308749

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 11.11.1997

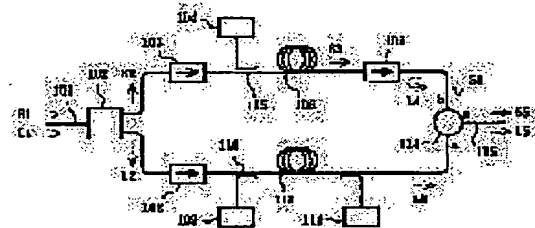
(72)Inventor : IMOTO KATSUYUKI

(54) SUPER WIDEBAND OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a super wideband optical fiber amplifier which is lessened in number of parts and capable of carrying out superior wavelength separation by a method, wherein signal light sent from an Er-loaded optical fiber is guided in a direction opposite to an optical isolator, and reflected signal light and extracted signal light are combined and outputted to a transmission line from a circulator.

SOLUTION: Signal light S1 of S band and signal light L1 of L band are inputted into a wavelength division multiplex transmission (WDM) filter 102 and branched out into signal light S2 and L2. The signal light S2 passes through an optical isolator 103 and is jointed to exciting light emitting from an exciting light source 104 through a WDM coupler 105, the merged light is turned into amplified signal light S3 passing through an Er-loaded optical fiber 106, and signal light S4 outputted from an optical isolator 107 is inputted into the b-edge of a light circulator 114 and outputted from the c-edge as signal light S5. The signal light L2 passes through a light isolator 108 and is jointed to exciting light outputted from an exciting light source 109 through a WDM coupler 110, and the merged light is amplified passing through an Er-loaded optical fiber 113. Signal light L4 is reflected from the optical isolator 107 and outputted as signal light L5 through the light circulator 114.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145538

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 S 3/10

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-308749

(22) 出願日

平成9年(1997)11月11日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 井本 克之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

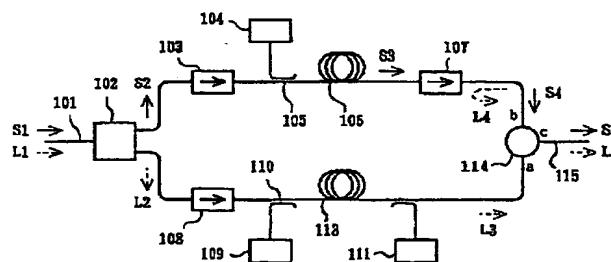
(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

(54) 【発明の名称】 超広帯域光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【課題】 光部品点数が少なく、波長分離特性に優れた超広帯域光ファイバ増幅器を提供する。

【解決手段】 波長多重された短波長帯及び長波長帯の信号光を波長帯別に分離するWDMフィルタ102と、このWDMフィルタ102からの一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバ106と、このEr添加光ファイバ106からの信号光を取り出す光アイソレータ107と、前記WDMフィルタ102からのもう一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバ113と、このEr添加光ファイバ113からの信号光を前記光アイソレータ107の逆方向に導くと共にこの光アイソレータ107から反射された信号光と前記取り出された信号光とを合わせて伝送路に出力する光サークキュレータ114とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長多重された短波長帯及び長波長帯の信号光を波長帯別に分離するWDMフィルタと、このWDMフィルタからの一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバと、このEr添加光ファイバからの信号光を取り出す光アイソレータと、前記WDMフィルタからのもう一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバと、このEr添加光ファイバからの信号光を前記光アイソレータの逆方向に導くと共にこの光アイソレータから反射された信号光と前記取り出された信号光とを合わせて伝送路に出力する光サーキュレータとを備えたことを特徴とする超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項2】 前記Er添加光ファイバの前段に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けたことを特徴とする請求項1記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項3】 前記WDMフィルタの前段に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けたことを特徴とする請求項1又は2記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項4】 前記もう一方の波長帯の信号光を増幅するEr添加光ファイバと前記光サーキュレータとの間に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けたことを特徴とする請求項1～3いずれか記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項5】 前記光サーキュレータに4端子光サーキュレータを用い、この光サーキュレータが前記伝送路からの戻り光を終端器に導くように構成したことを特徴とする請求項1～4いずれか記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項6】 短波長帯を波長1.53 μ m～1.565 μ m帯とし、長波長帯を1.57 μ m～1.62 μ m帯としたことを特徴とする請求項1～5いずれか記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項7】 前記励起光として波長0.98 μ m帯及び波長1.48 μ m帯のいずれか又は両方を用いたことを特徴とする請求項1～6いずれか記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【請求項8】 少なくとも長波長帯の信号光を増幅するEr添加光ファイバには前方及び後方から双方向に励起光を伝送させたことを特徴とする請求項1～7いずれか記載の超広帯域光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重伝送用の光ファイバ増幅器に係り、特に、光部品点数が少なく、波長分離特性に優れた超広帯域光ファイバ増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光ファイバのコア内にEr、Pr、Nd等の希土類元素を添加した光ファイバを用いた

光ファイバ増幅器が実用化されている。特に、Erを添加した光ファイバ増幅器は、1.55 μ m帯において高利得、高飽和出力を有することから、種々のシステムへの適用が考えられている。その中でも、1.53 μ m～1.61 μ mの波長帯の信号光を10数波以上用いた高密度波長多重伝送による高速、大容量、長距離伝送システムが注目されている。

【0003】図6、図8に、従来の高密度波長多重伝送用の光ファイバ増幅器を示す。

【0004】図6の光ファイバ増幅器は、伝送路601からの信号光を入力する光アイソレータ602が設けられ、その光アイソレータ602の出力側にWDMフィルタ603が接続されている。WDMフィルタ603の波長帯別の2つの分岐にそれぞれ増幅系が設けられている。増幅系は、信号光を伝送するEr添加光ファイバ604(605, 606, 607)にWDMカブラ608(609, 610, 611)を介して励起光源612(613, 614, 615)が結合されたものである。ここでは各波長帯の増幅系が2段構成となっており、1段目の増幅系に光アイソレータ616(617)を介して2段目の増幅系が接続されている。各2段目の増幅系の後尾に減衰器618(619)が設けられ、各減衰器618(619)の出力側が両増幅系の信号光を合波するWDMフィルタ620に接続されている。WDMフィルタ620には信号光を伝送路621に出力する光アイソレータ622が接続されている。

【0005】伝送路601から光アイソレータ602に波長多重された信号光1が入力される。この信号光1は、波長1.525 μ m～1.6 μ mの範囲で10数波以上の信号光が波長多重されている。この信号光1は、光アイソレータ602を通してWDMフィルタ603に入力され、2つの波長帯の信号光S1、L1に分波される。一方の信号光S1は、波長1.53 μ m～1.56 μ mの信号光であり、他方の信号光L1は、1.58 μ m～1.60 μ mの信号光である。

【0006】一方の信号光S1は、WDMカブラ608で励起光源612からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ604で伝送されつつ増幅され、その後、光アイソレータ616を通してEr添加光ファイバ605に入力される。このEr添加光ファイバ605には励起光源613からの励起光がWDMカブラ609を介して送り込まれているので、Er添加光ファイバ605を伝送される信号光S1はさらに増幅される。この信号光S1は、減衰器618を通して信号光S2となる。この信号光S2は、WDM2フィルタ620に入力される。

【0007】他方の信号光L1は、WDMカブラ610で励起光源614からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ606で伝送されつつ増幅され、その後、光アイソレータ617を通してEr添加光ファイバ607に入力される。このEr添加光ファイバ607には励起光

源615からの励起光がWDMカブラ611を介して送り込まれているので、Er添加光ファイバ607を伝送される信号光L1はさらに増幅される。この信号光L1は、減衰器619を通して信号光L2となる。この信号光L2は、WDMフィルタ620に入力される。

【0008】WDMフィルタ620では信号光S2、L2が合波される。この合波された信号光S2、L2は光アイソレータ622を通して伝送路621に出力される。

【0009】図6の光ファイバ増幅器の特性を図7に示す。利得は黒丸で示されている。Sバンド及びLバンドでは、ほぼ平坦な特性を持つことがわかる。雑音指数は白丸で示されている。

【0010】図8の光ファイバ増幅器は、伝送路801からの信号光を入力する光アイソレータ802が設けられ、その光アイソレータ802の出力側にEr添加光ファイバ803が接続されている。このEr添加光ファイバ803にはWDMカブラ804を介して励起光源（図示せず）が結合されており、これにより前段の増幅系が構成されている。

【0011】前段の増幅系の出力側には光サーキュレータ805が設けられている。この光サーキュレータ805は3端子構成のものであり、1つ目の端子から2つ目の端子へ、2つ目の端子から3つ目の端子へ、3つ目の端子から1つ目の端子へと循環して順方向が形成されている。前段の増幅系が接続された端子の順方向になる端子にはファイバグレーティング806が接続されている。ファイバグレーティング806は所定範囲の波長の信号光を反射し、それ以外の範囲の波長の信号光を透過するものである。ファイバグレーティング806の透過側と、前記光サーキュレータ805のファイバグレーティング806が接続された端子の順方向になる端子に、それぞれ増幅系が接続されている。ここでは、ファイバグレーティング806が波長1.525 μ m～1.565 μ mの信号光を反射し、波長1.57 μ m～1.60 μ mの信号光を透過するので、それぞれの信号光のための増幅系が設けられていることになる。

【0012】反射された信号光のための増幅系にはゲインイコライザ807が設けられ、その後段にEr添加光ファイバ808が接続され、このEr添加光ファイバ808にWDMカブラ809を介して励起光源（図示せず）が結合されている。この増幅系の出力側には光サーキュレータ810が設けられている。この増幅系が接続された端子の順方向になる端子はファイバグレーティング811に接続されている。

【0013】透過された信号光のための増幅系は、信号光を伝送するEr添加光ファイバ812（813）にWDMカブラ814（815）を介して励起光源（図示せず）が結合されたものである。この増幅系は、2段構成となっており、1段目の増幅系に光アイソレータ816

を介して2段目の増幅系が接続され、さらにその後尾に光アイソレータ817が設けられている。この光アイソレータ817の出力側は前記光サーキュレータ810に接続されたファイバグレーティング811の反対端に接続されている。このファイバグレーティング811が接続された端子の順方向になる光サーキュレータ810の3つ目の端子に伝送路818が接続されている。

【0014】波長多重された信号光1が光アイソレータ802を通してEr添加光ファイバ803に入力される。このEr添加光ファイバ803には励起光源からの励起光がWDMカブラ802を介して送り込まれているので、Er添加光ファイバ803を伝送される信号光1は増幅される。この増幅された信号光1は光サーキュレータ805を順方向に通って、ファイバグレーティング806に入力される。ファイバグレーティング806は波長帯によって選択的に反射又は透過するので、信号光1は反射された信号光R1（波長1.525 μ m～1.565 μ m）と透過された信号光T1（波長1.57 μ m～1.60 μ m）とに分離される。

【0015】透過された信号光T1は、WDMカブラ814に入力され、このWDMカブラ814で励起光源からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ812で伝送されつつ増幅され、光アイソレータ816を通して次のWDMカブラ815に入力され、このWDMカブラ815で励起光源からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ813で伝送されつつ増幅され、信号光T2となる。信号光T2は、光アイソレータ817を通してファイバグレーティング811に入力され、ファイバグレーティング811を透過して信号光T3となる。信号光T3は、光サーキュレータ810に入力され、この光サーキュレータ810を順方向に通って、信号光T4として伝送路818に出力される。

【0016】反射された信号光R1は、光サーキュレータ805を順方向に通って信号光R2となり、ゲインイコライザ807を通過してWDMカブラ809に入力される。信号光R2は、このWDMカブラ809で励起光源からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ808で伝送されつつ増幅され、信号光R3となって光サーキュレータ801に入力される。信号光R3は、光サーキュレータ810を順方向に通って信号光R4となりファイバグレーティング811に達する。信号光R4は、波長1.525 μ m～1.565 μ mの信号光なのでファイバグレーティング811で反射され、光サーキュレータ810に戻り、光サーキュレータ810を順方向に通って、信号光R5として伝送路818に出力される。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】従来技術には、次のような問題点がある。

【0018】（1）光部品点数が多いために高コストである。

【0019】(2) 光部品点数が多いため、これら光部品自体による光損失や光部品間の接続損失が問題となり、高利得化、低雑音指数化に悪影響を及ぼす。

【0020】(3) 波長多重された信号光を短波長帯(波長 $1.52\mu\text{m}\sim 1.56\mu\text{m}$)と長波長帯(波長 $1.57\mu\text{m}\sim 1.60\mu\text{m}$)とに分けて、それぞれ別々に光増幅した後、これら2つの波長帯の信号光を合流して出力するように構成しているが、互いの波長帯の信号光が相手側の増幅系に漏れ込んで光S/N特性の劣化を招く。なぜならば、図6のWDMカブラや図8のファイバグレーティングの波長間の光アイソレーション特性はあまりよくなく、せいぜい20dB程度であり、そのため漏洩光或いは反射戻り光が相手側の増幅系に漏れ込んでしまう。

【0021】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、光部品点数が少なく、波長分離特性に優れた超広帯域光ファイバ増幅器を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、波長多重された短波長帯及び長波長帯の信号光を波長帯別に分離するWDMフィルタと、このWDMフィルタからの一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバと、このEr添加光ファイバからの信号光を取り出す光アイソレータと、前記WDMフィルタからのもう一方の波長帯の信号光を励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバと、このEr添加光ファイバからの信号光を前記光アイソレータの逆方向に導くと共にこの光アイソレータから反射された信号光と前記取り出された信号光とを合わせて伝送路に出力する光サーキュレータとを備えたものである。

【0023】前記Er添加光ファイバの前段に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けてもよい。

【0024】前記WDMフィルタの前段に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けてもよい。

【0025】前記もう一方の波長帯の信号光を増幅するEr添加光ファイバと前記光サーキュレータとの間に信号光の方向を規制する光アイソレータを設けてもよい。

【0026】前記光サーキュレータに4端子光サーキュレータを用い、この光サーキュレータが前記伝送路からの戻り光を終端器に導くように構成してもよい。

【0027】短波長帯を波長 $1.53\mu\text{m}\sim 1.565\mu\text{m}$ 帯とし、長波長帯を $1.57\mu\text{m}\sim 1.62\mu\text{m}$ 帯としてもよい。

【0028】前記励起光として波長 $0.98\mu\text{m}$ 帯及び波長 $1.48\mu\text{m}$ 帯のいずれか又は両方を用いてもよい。

【0029】少なくとも長波長帯の信号光を増幅するEr添加光ファイバには前方及び後方から双方向に励起光を伝送させてもよい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0031】図1に示されるように、本発明の超広帯域光ファイバ増幅器は、伝送路101からの波長多重された波長 $1.53\mu\text{m}\sim 1.565\mu\text{m}$ 帯(以下、Sバンドという)の信号光S1及び波長 $1.57\mu\text{m}\sim 1.62\mu\text{m}$ 帯(以下、Lバンドという)の信号光L1を波長帯別に分離するWDMフィルタ102と、このWDMフィルタ102からの信号光S2の方向を規制する光アイソレータ103と、この光アイソレータ103からのSバンドの信号光S2を励起光源104からWDMカブラ105を介して合流された波長 $0.98\mu\text{m}$ の励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバ106と、このEr添加光ファイバ106からのSバンドの信号光S3を信号光S4として取り出す光アイソレータ107と、前記WDMフィルタ102からのLバンドの信号光L2の方向を規制する光アイソレータ108と、この光アイソレータ108からのLバンドの信号光L2を励起光源109からWDMカブラ110を介して合流された前方に向かう波長 $0.98\mu\text{m}$ の励起光及び励起光源111からWDMカブラ112を介して合流された後方に向かう波長 $1.48\mu\text{m}$ 励起光と共に伝送して増幅するEr添加光ファイバ113と、このEr添加光ファイバ113からの信号光L3を前記光アイソレータ107の逆方向に導くと共にこの光アイソレータ107から反射されたLバンドの信号光L4と前記取り出された信号光S4とを合わせて伝送路115に出力する光サーキュレータ114とを備えたものである。

【0032】光サーキュレータ114は、a端、b端、c端の3端子を有し、a端からb端へ、b端からc端へ、c端からa端へと循環して順方向になるものである。この光サーキュレータ114のa端にEr添加光ファイバ113が接続され、b端に光アイソレータ107が接続され、c端に伝送路115が接続されている。

【0033】Sバンドの信号光S1及びLバンドの信号光L1がWDMフィルタ102に入力され、信号光S2と信号光L2とに分波される。信号光S2は、光アイソレータ103を通過し、WDMカブラ105で励起光源104からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ106を伝送されつつ増幅され信号光S3となる。信号光S3は、光アイソレータ107から信号光S4として取り出される。信号光S4は、光サーキュレータ114のb端に入力され、c端から信号光S5として出力される。

【0034】信号光L2は、光アイソレータ108を通過し、WDMカブラ110で励起光源109からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ113を伝送される。このEr添加光ファイバ113には、励起光源111からの励起光がWDMカブラ112を介して逆方向に

伝送されている。信号光L2は、これら前方及び後方からの励起光により増幅され、信号光L3となる。信号光L3は、光サーキュレータ114のa端に入力され、b端から信号光L4として出力されて光アイソレータ107に達する。信号光L4は、光アイソレータ107で反射され、光サーキュレータ114のb端に入力され、c端から信号光L5として出力される。

【0035】以上のように、Sバンドの信号光とLバンドの信号光とがそれぞれ独立に増幅された後、合流されて出力される。この構成では、従来の光ファイバ増幅器に比べて光部品点数が少なく、このため低コストであり、伝送損失が少ないので高出力の波長多重された信号光を出力することができる。また、光アイソレータ107と光サーキュレータ114とを設けたので、互いの波長帯の信号光間の干渉を極めて小さく抑えることができる。

【0036】次に、他の実施形態を説明する。

【0037】図2に示された超広帯域光ファイバ増幅器は、図1におけるEr添加光ファイバ106の前段の光アイソレータ103及びEr添加光ファイバ113の前段の光アイソレータ108を取り除き、WDMフィルタ102の前段に光アイソレータ116を設けると共にEr添加光ファイバ113と光サーキュレータ114との間に光アイソレータ117を設けたものである。他の構成は図1のものと同じである。

【0038】Sバンドの信号光S1及びLバンドの信号光L1は、まず光アイソレータ116を通り、WDMフィルタ102に入力され、このWDMフィルタ102で信号光S2と信号光L2とに分離される。信号光S2は、WDMカブラ105で励起光源104からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ106を伝送されつつ増幅され信号光S3となる。信号光S3は、光アイソレータ107から信号光S4として取り出される。信号光S4は、光サーキュレータ114のb端に入力され、c端から信号光S5として出力される。

【0039】信号光L2は、WDMカブラ110で励起光源109からの励起光と合流され、Er添加光ファイバ113を伝送される。このEr添加光ファイバ113には、励起光源111からの励起光がWDMカブラ112を介して逆方向に伝送されている。信号光L2は、これら前方及び後方からの励起光により増幅され、信号光L3となる。信号光L3は、光アイソレータ117を通過し、光サーキュレータ114のa端に入力され、b端から信号光L4として出力されて光アイソレータ107に達する。信号光L4は、光アイソレータ107で反射され、光サーキュレータ114のb端に入力され、c端から信号光L5として出力される。

【0040】この構成によれば、互いの波長帯の信号光間の干渉をさらに少なくすると共に増幅されたそれぞれの信号光の反射戻り光の影響をさらに少なくすることが

できる。即ち、光サーキュレータ114の前段に光アイソレータ107及び光アイソレータ117が設けられているので、Sバンドの信号光S4がLバンド増幅用のEr添加光ファイバ113に漏れ込むのを阻止すると共に、Lバンドの信号光L4がSバンド増幅用のEr添加光ファイバ106に漏れ込むのを阻止することができる。

【0041】図3に示された超広帯域光ファイバ増幅器は、図1、2におけるSバンド及びLバンドの信号光の伝送経路を変えたものである。即ち、図の上段側にLバンドの信号光を伝送させ、下段側にSバンドの信号光を伝送させる。このために、WDMカブラ110、励起光源109、Er添加光ファイバ113、WDMカブラ112、励起光源111が上段側に移され、WDMカブラ105、励起光源104、Er添加光ファイバ106が下段側に移されている。光アイソレータ107の配置及び光サーキュレータ114の端子接続は図1、2と同じである。

【0042】この形態では、Sバンドの信号光S1がS2、S3、S4のように伝送され、光アイソレータ107で反射して光サーキュレータ114からS5のように出力される。Lバンドの信号光L1は、L2、L3、L4のように伝送され、光サーキュレータ114からL5のように出力される。

【0043】図4に示された超広帯域光ファイバ増幅器は、図3の構成に図2のように光アイソレータ117を付加したものである。

【0044】図5に示された超広帯域光ファイバ増幅器は、図3の構成をさらに高性能化するために、3端子の光サーキュレータ114に代えて4端子の光サーキュレータ118を用いたものである。a端、b端、c端、d端は、a端からb端へ、b端からc端へ、c端からd端へ、d端からa端へと循環して順方向となっている。この光サーキュレータ118のa端、b端、c端は図3の形態と同じように接続され、d端には終端器119が接続されている。

【0045】Sバンドの信号光がS1、S2、S3、S4、S5と伝送され、Lバンドの信号光がL1、L2、L3、L4、L5と伝送される様子は図3の形態と同じである。しかし、伝送路に出力された信号光S5、L5の反射戻り光が終端器119で光吸収されて終端されるので、これらの反射戻り光がEr添加光ファイバ106、113に漏れ込むことがない。

【0046】

【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

【0047】(1)従来の光ファイバ増幅器に比べて光部品点数が少ない。

【0048】(2)それぞれ独立に増幅した2つの波長帯の信号光間の干渉が少ない。

【0049】(3) 増幅した信号光の反射戻り光の影響が少ないので、安定した増幅特性を得ることができる。

【0050】(4) 低価格、小形サイズにすることができる。

【0051】(5) 光損失の原因となる光部品点数が少ないので、より高利得で、より低雑音指数特性を持った光ファイバ増幅器を実現することができる。

【0052】(6) WDMフィルタを1個しか使わないので、帯域特性を定める要員が減り、より広帯域な超広帯域光ファイバ増幅器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す超広帯域光ファイバ増幅器の構成図である。

【図2】本発明の他の実施形態を示す超広帯域光ファイバ増幅器の構成図である。

【図3】本発明の他の実施形態を示す超広帯域光ファイ

バ増幅器の構成図である。

【図4】本発明の他の実施形態を示す超広帯域光ファイバ増幅器の構成図である。

【図5】本発明の他の実施形態を示す超広帯域光ファイバ増幅器の構成図である。

【図6】従来の光ファイバ増幅器の構成図である。

【図7】図6の光ファイバ増幅器の周波数特性図である。

【図8】従来の光ファイバ増幅器の構成図である。

【符号の説明】

102 WDMフィルタ

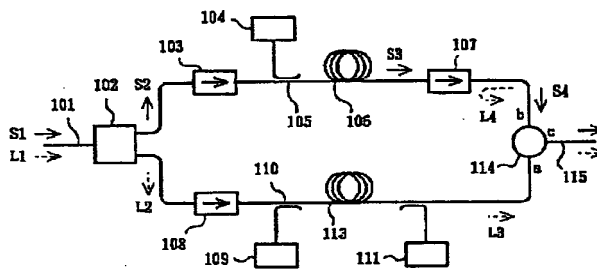
103、107、108、116、117 光アイソレータ

106、113 Er添加光ファイバ

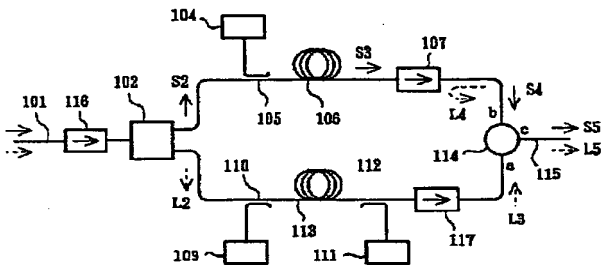
114、118 光サーキュレータ

119 終端器

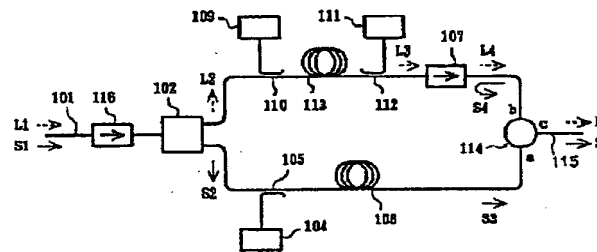
【図1】



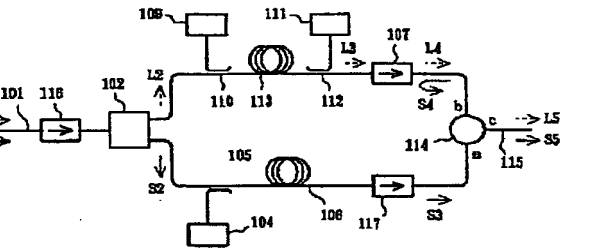
【図2】



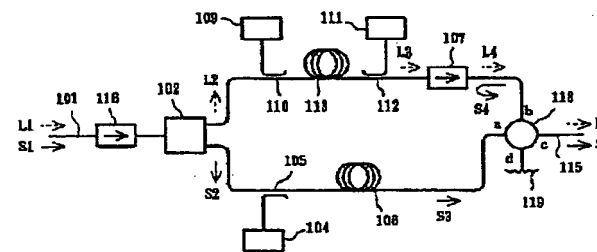
【図3】



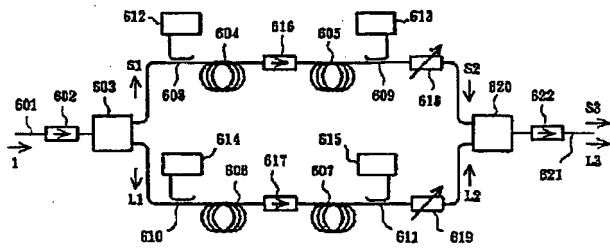
【図4】



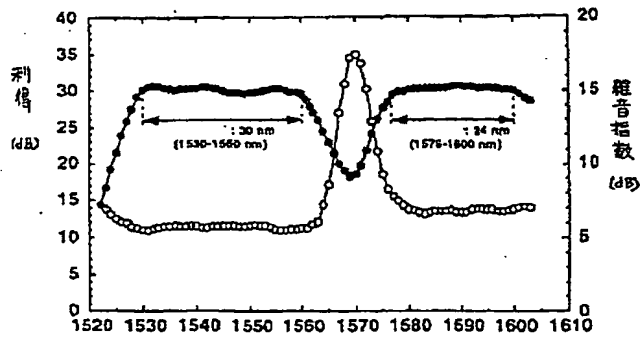
【図5】



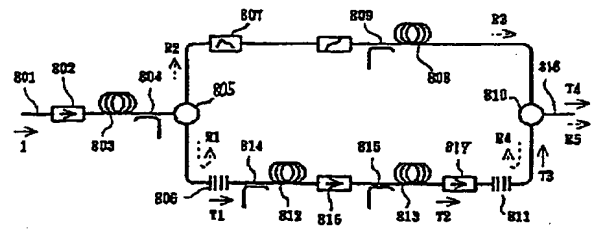
【図6】



【図7】



【図8】



THIS PAGE BLANK (USPTO)